

Paleontologia da fácies arenosa do membro Taquaral (Permiano) no Estado de São Paulo: estado da arte e contribuições adicionais

Paleontology of the sandy facies of the Taquaral member, (Permian), State of São Paulo: state-of-the-art and additional contributions

Artur Chahud¹ e Setembrino Petri¹

¹Universidade de São Paulo – USP, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental, Rua do Lago, 562, Cidade Universitária, CEP 05508-080, São Paulo, SP, Brasil (arturchahud@yahoo.com; spetri@usp.br)

Recebido em 7 de julho de 2015; aceito em 21 de junho de 2016

Resumo

A Formação Irati, Permiano (Cisuraliano) da Bacia do Paraná, destaca-se por importantes características geológicas e paleontológicas. Entre seus fósseis, os crustáceos e répteis Mesosauridae são os mais conhecidos e estudados. Nas fácies arenosas do Membro Taquaral sempre foram citados restos de peixes desarticulados, mas nenhum trabalho foi publicado. Esta lacuna no conhecimento paleontológico foi preenchida com diversas contribuições que serão resumidas neste trabalho. A maior parte dos fósseis são dentes, escamas e partes ósseas indeterminadas de Actinopterygii, porém deve-se aos Chondrichthyes maior diversidade taxonômica, na forma de dentes e espinhos. Os dentes mais abundantes pertencem ao Holocephali *Itapyrodus*, inicialmente considerado monoespecífico, *I. punctatus*. Estudos recentes revelaram que diferentes morfotipos identificados como *Itapyrodus*, podem incluir várias espécies. Os elasmobrânquios são representados por dentes cladodontes, pelo menos três gêneros baseados em espinhos, (*Amelacanthus*, *Sphenacanthus* e um indeterminado), uma espécie de Orodontiformes, *Orodus ipeunaensis*, e Xenacanthiformes, com a espécie *Taquaralodus albuquerquei* e duas espécies indeterminadas. Outros fósseis também foram registrados; Sarcopterygii (Actinistia, Osteolepiformes), tetrápodes (Temnospondyli), icnofósseis indeterminados e citações de microfósseis (foraminíferos, ostracodes e acritarcas).

Palavras-chave: Cisuraliano; Chondrichthyes; Elasmobranchii; Holocephali; Actinopterygii; Sarcopterygii.

Abstract

The Irati Formation, Permian (Cisuralian) of the Paraná Basin, stands out for significant geologic and paleontologic characteristics. Among its fossils, crustaceans and Mesosauridae reptiles are the most known and studied. Disarticulated fish remains found in the Taquaral basal sandy facies have been cited by earlier researchers, but no paper has been published. This gap has been fulfilled with several contributions abridged in this work. Most of the remains are teeth, scales and indeterminate bone fragments from Actinopterygii. Chondrichthyes present the largest taxonomic diversity, represented by teeth and dorsal fin spines. The most abundant teeth are of the Holocephali *Itapyrodus*, initially considered monospecific, *I. punctatus*. Recent studies revealed that different morphotypes identified as *Itapyrodus*, might include several species. The Elasmobranchs are represented by cladodont teeth, at least three genera based on dorsal fin spines (*Amelacanthus*, *Sphenacanthus* and one indeterminate genus), one Orodontiformes species, *Orodus ipeunaensis*, and Xenacanthiformes, *Taquaralodus albuquerquei* and two indeterminate species. Other fossils were also registered; Sarcopterygii (Actinistia, Osteolepiformes), tetrapods (Temnospondyli), indeterminate ichnofossils and citations of microfossils (foraminifers, ostracods and acritarchs).

Keywords: Cisuralian; Chondrichthyes; Elasmobranchii; Holocephali; Actinopterygii; Sarcopterygii.

INTRODUÇÃO

A Formação Irati, no conceito de White (1908), foi definida apenas por folhelhos betuminosos contendo *Mesosaurus*. Barbosa e Almeida (1949a, 1949b) e Almeida e Barbosa (1953) estudaram os depósitos neopaleozoicos pós-Itararé do Estado de São Paulo, propondo uma nova formação, Itapetininga, com três membros, Tupi, Tatuí e Taquaral. Barbosa e Gomes (1958) excluíram o Membro Taquaral da antiga Formação Itapetininga, colocando-o como membro inferior da Formação Irati.

A seção tipo do Membro Taquaral, selecionada por Barbosa e Gomes (1958), é um corte no Km 116 do ramal da Companhia Paulista de Estrada de Ferro para Piracicaba.

Distinguem-se duas fácies do Membro Taquaral: a arenosa, ocorrendo principalmente na parte basal da unidade (Chahud e Petri, 2010a), e a de folhelho siltico (Chahud e Petri, 2013a, 2013b).

A fácies arenosa é mais conhecida no centro leste de São Paulo (Figura 1) do que no sul do estado. Basicamente consiste de um quartzo arenito conglomerático de espessura da ordem de centímetros (5-100 cm), constituído de grânulos e seixos de sílex em matriz arenosa variando de média a fina. Os grânulos e seixos, angulosos e arredondados, estão ou não em contato entre si. O acamamento é, em geral, lenticular com estratificações cruzadas ou ondulações e grande quantidade de paleoictiofósseis de diferentes tamanhos e estados de preservação (Figura 2).

A unidade foi por muitos anos mal interpretada ou confundida com a Fácies Ibicatu da Formação Tatuí (Fúlfaro et al., 1984; Stevaux et al., 1986). Porém trabalhos realizados por Soares (1972), Ragonha (1978), Hachiro (1991, 1996), Riccomini et al. (1997), Assine et al. (2003), Chahud e Petri (2008a, 2010a, 2015c) e Chahud et al. (2012) comprovaram que esta fácies pertencia à evolução sedimentar do Membro Taquaral. Ela é importante pela grande concentração de fósseis de ictiólitos, representados por dentes, escamas e espinhos desarticulados, além de outros fósseis. O objetivo dessa contribuição é sintetizar os dados sobre os fósseis descritos, acrescentando informações complementares.

PALEONTOLOGIA DE VERTEBRADOS

Os fósseis de vertebrados são os mais abundantes e diversificados, com diversos morfotipos, grupos e espécies de Osteichthyes e Chondrichthyes. Os fósseis estão, em geral, desarticulados e incluem dentes, escamas, espinhos de nadadeiras dorsais e ossos dispersos.

Chondrichthyes

Os Chondrichthyes são o grupo mais diversificado, tendo sido reconhecidos espinhos e dentes de diversos tamanhos e estados de preservação (Chahud e Petri, 2015a, 2015b).

Os espinhos de nadadeiras dorsais de Elasmobranchii pertencem aos gêneros *Sphenacanthus* (Figura 3A) e *Amelacanthus* (Figura 3B) (Chahud et al., 2010b, 2012; Chahud e Petri, 2014). Estes gêneros são registrados no hemisfério norte em depósitos carboníferos e permianos (Zangerl, 1981; Maisey, 1984; Elliott et al., 2004; Ginter et al., 2010; Koot et al., 2013).

Chahud (2011) propôs um novo gênero, *Iratiacanthus*, para um exemplar de grandes proporções, proveniente do Sítio Santa Maria (Figura 3C); no entanto, devido ao estado fragmentado, não foi possível classificá-lo adequadamente (Chahud e Petri, 2014).

Os dentes de elasmobrânquios cladodontes (Figura 4A) são comuns no registro geológico brasileiro; contudo, são poucas descrições ou ilustrações. Três formas destes dentes foram reconhecidas (Chahud e Petri, 2012a). São morfotipos diferentes dos estudados por Ginter et al. (2005, 2010) e Duffin e Ginter (2006), provenientes do hemisfério norte, e, por isso, é incerta a atribuição a gêneros do material do Membro Taquaral.

Os Xenacanthiformes foram Chondrichthyes que viveram do Carbonífero ao Triássico. Os dentes mais comuns são os de base larga, com duas cúspides laterais cônicas, curvas e divergentes entre si, e uma cúspide central, menor ou ausente (Hampe, 2003; Nelson, 2006). A espécie mais comum, da base arenosa da Formação Irati, é *Taquaralodus albuquerquei* (Figura 4B) (Chahud e Petri, 2010c). Ela foi descrita inicialmente como "*Pleuracanthus*" *albuquerquei* por Silva Santos (1946) na Formação Pedra do Fogo, Bacia do Parnaíba. Ragonha (1978) foi o primeiro a identificar esta espécie no Membro Taquaral e, percebendo diferenças morfológicas externas, propôs informalmente um novo gênero, *Taquaranthus* (nome inadequado, pois os fósseis são baseados em dentes e não em espinhos para ter o sufixo "canthus"). Porém, em revisão completa, Chahud e Petri (2010c) observaram diferenças no tamanho e disposição das cúspides e do botão coronal dos dentes, diferentes de qualquer outro gênero de Xenacanthiformes descritos anteriormente, rebatizando-o de *Taquaralodus albuquerquei*.

Outros Xenacanthiformes indeterminados foram descritos preliminarmente na base arenosa da Formação Irati (Chahud e Petri, 2009b). Tais fósseis são representados pelo gênero *Xenacanthus* e por uma espécie indeterminada.

A espécie com registro mais antigo do gênero *Orodus* no Brasil provém dos depósitos em pauta (Chahud et al., 2010b): *O. ipeunaensis*, espécie rara no material estudado, é mais antiga do que *O. milleri* da Formação Teresina, do sul do Brasil (Würdig-Maciel, 1975; Richter, 2004a, 2004b), única outra ocorrência deste gênero no país.

Os dentes de Chondrichthyes mais comuns são da espécie *Itapyrodus punctatus* (Figura 4C). Como *Taquaralodus albuquerquei*, esta espécie foi descrita nas formações Pedra do Fogo e Irati (Ragonha, 1978; Silva Santos, 1990; Chahud e Petri, 2008a, 2010b; Chahud et al., 2010b).

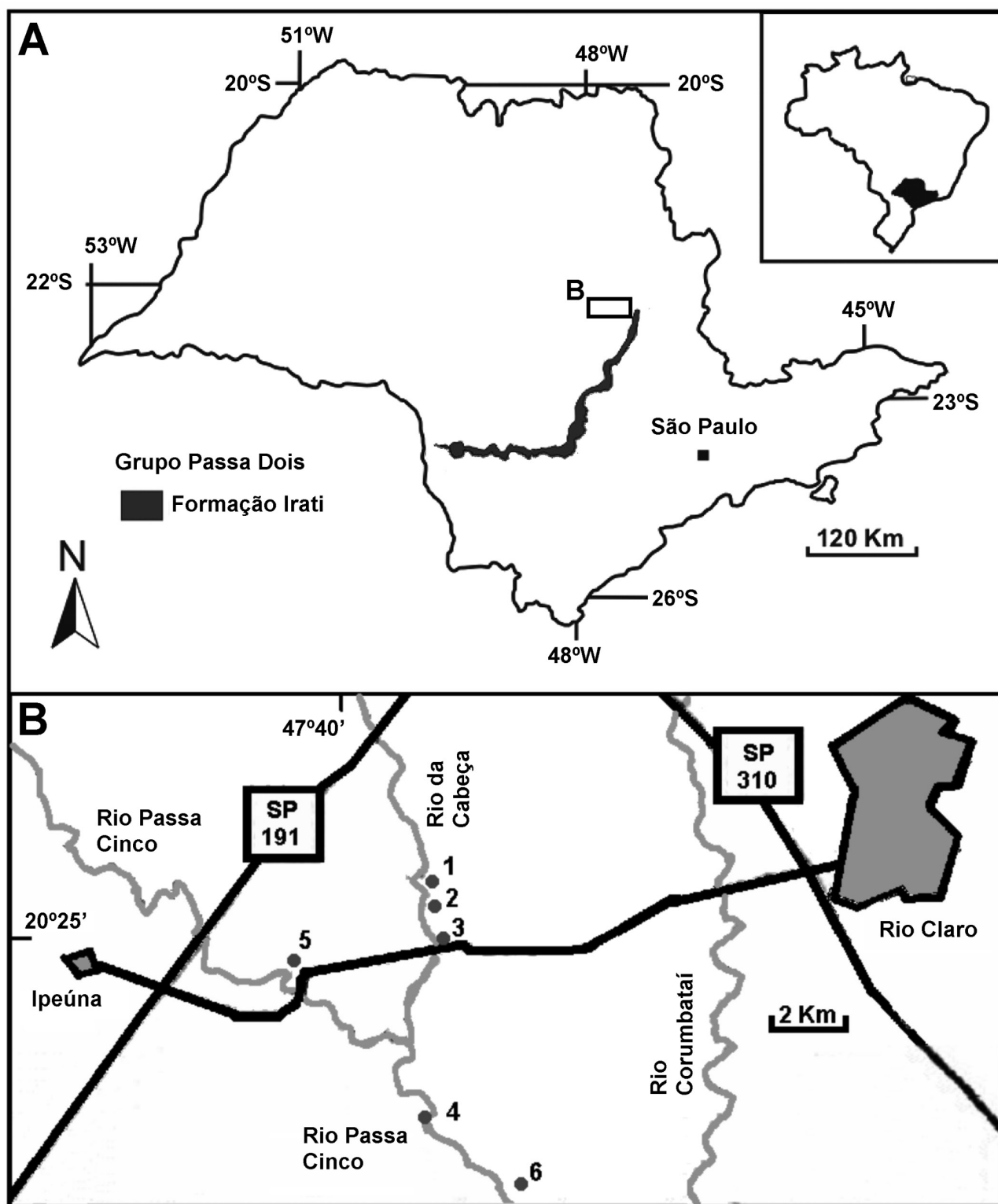


Figura 1. (A) Afloramentos da base da Formação Irati no centro-leste do Estado de São Paulo; (B) Região de Rio Claro com os pontos dos afloramentos estudados; (1) Afloramentos do Sítio Santa Maria 1 (UTM: 23K 227055/7517325); (2) Afloramentos do Sítio Santa Maria 2 (UTM: 23K 227050/7517669); (3) Afloramento do Rio da Cabeça (UTM: 23K 227300/7517325); (4) Afloramento da Ponte sobre o Rio Passa Cinco (UTM: 23K 227500/751345); (5) Afloramento da Fazenda Ponte Nova (UTM: 23K 0224255/7516138); (6) Afloramento perto do Rio Passa Cinco (UTM: 23K 228537/7512610).

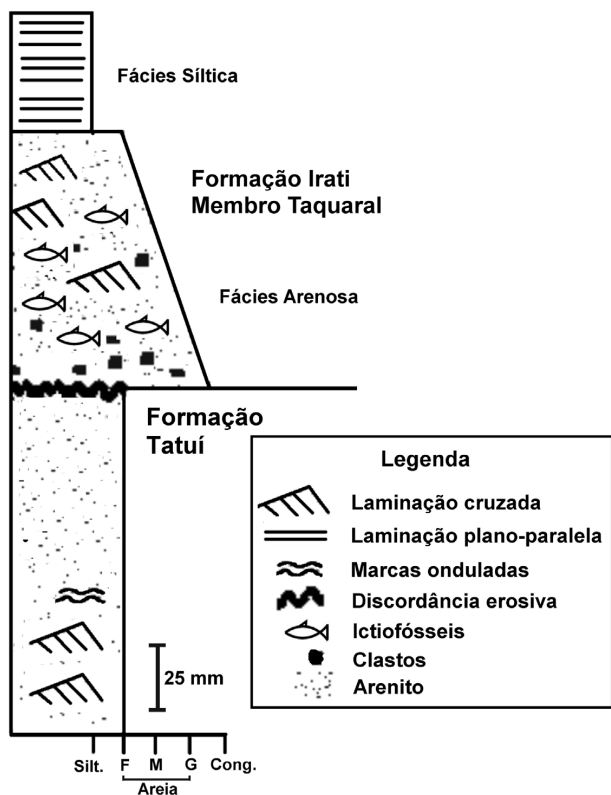


Figura 2. Seção colunar esquemática mostrando a relação de contato entre as formações Irati e Tatuí na região centro leste do Estado de São Paulo.

O gênero *Itapyrodus*, com base em comparações morfológicas com gêneros já existentes, *Chomatodus*, *Antliodus* e *Tanaodus/Climaxodus*, foi descrito na literatura como representante dos Petalodontiformes (Silva Santos, 1990; Chahud et al., 2010b; Richter et al., 2013).

Lund et al. (2014) e Grogan et al. (2014) descartaram *Chomatodus* e *Tanaodus/Climaxodus* como Petalodontiformes. Lund et al. (2014) sugeriram o termo “Grupo *Chomatodus*”, grupo irmão de Petalodontiformes, para *Chomatodus* e *Tanaodus/Climaxodus* e outros gêneros de características morfológicas semelhantes. Assim, a classificação do gênero *Itapyrodus* em Petalodontiformes é questionável.

Chahud e Petri (2010b) acrescentaram informações importantes sobre a disposição dos dentes na boca do animal. Contudo, alguns destes dentes anteriormente descritos (Figura 4D) não se encaixavam em uma sequência dentária, como proposta por Silva Santos (1990), sugerindo que o gênero *Itapyrodus* não é monoespecífico ou que a sequência dentária proposta deva ser revista. Para isto seriam necessários mais dados sobre a disposição dos dentes preservados.

Holocéfalos indeterminados foram observados a partir de dentes isolados de formato irregular, comparáveis ao gênero *Itapyrodus* ou a outros holocéfalos na base do Membro Taquaral.

Os exemplares GP/2E-5929 e GP/2E-6459 (Figura 5) diferem de qualquer outro holocéfalo ou elasmobrânquios previamente descritos do Paleozoico. Chahud (2003, 2007) ressaltou as similaridades do formato em “A” do espécime

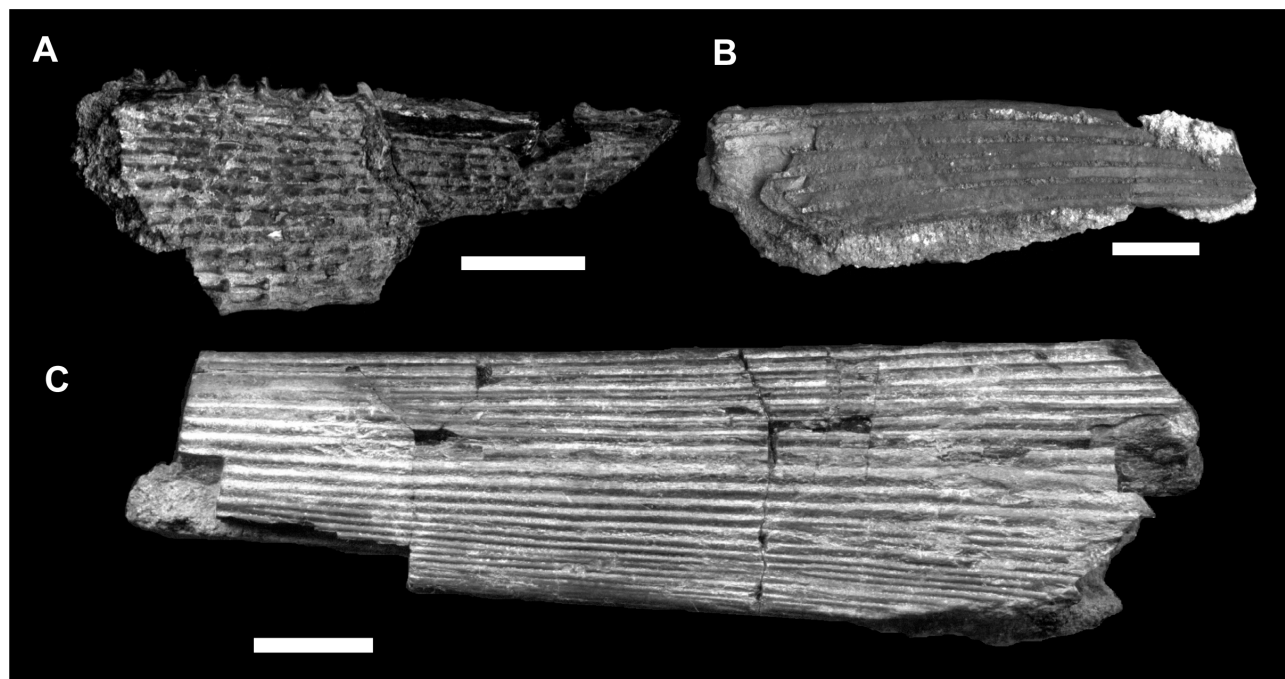


Figura 3. Espinhos de Chondrichthyes descritos por Chahud e Petri (2014). (A) *Sphenacanthus* sp.; (B) *Amelacanthus* sp.; (C) *Chondrichthyes* indeterminado. Escalas 10 mm.

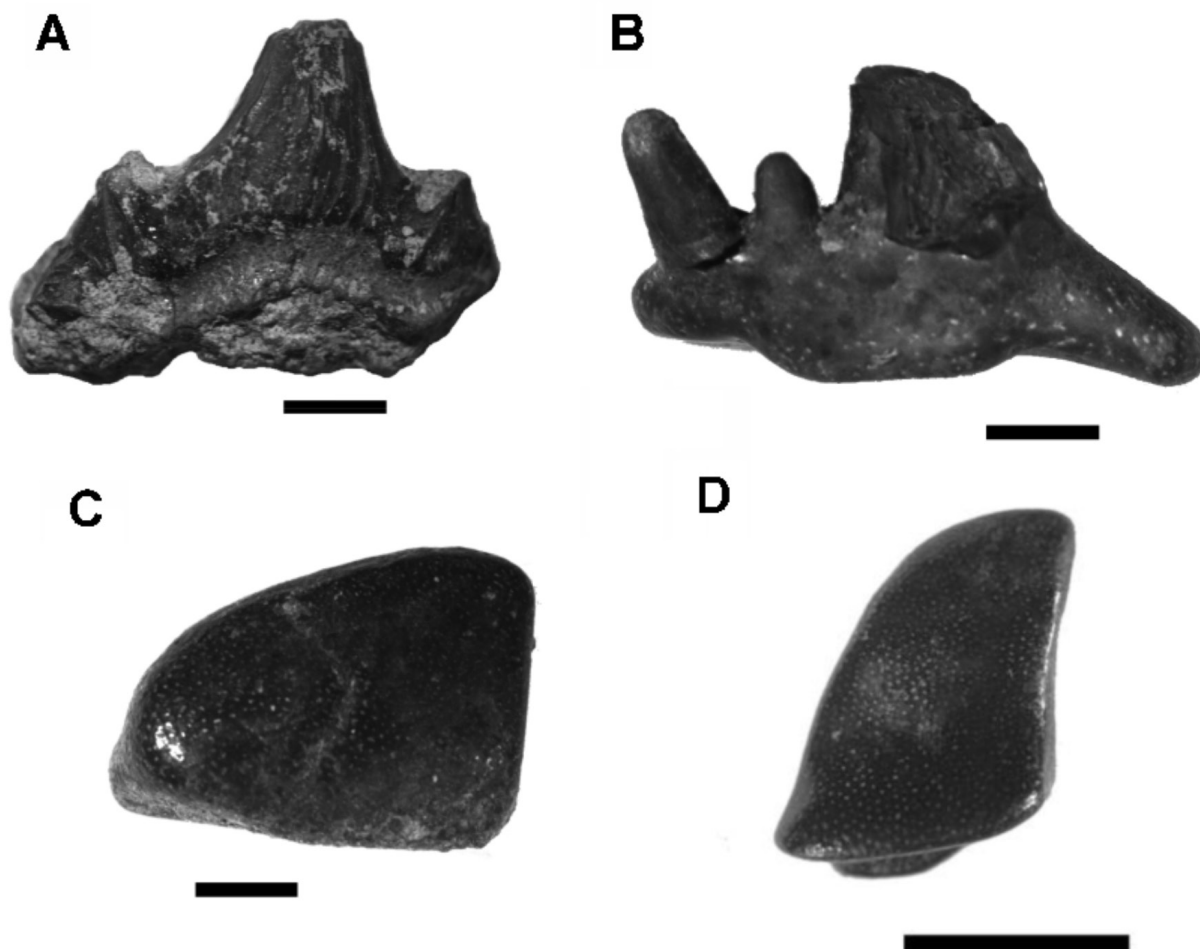


Figura 4. Chondrichthyes da facies arenosa da Formação Irati. (A) Dente cladodonte (GP/2E-5918); (B) dente de *Taquaralodus albuquerquei* (GP/2E-6581); (C) dente de *Itapyrodus punctatus* (GP/2E-6589); (D) *Itapyrodus incomum* muito alongado (GP/2E-6304). Escalas 2 mm.

GP/2E-5929 (Figura 5A-C) com a parte articulatória de dentes de *Petalodus ohioensis*, Pensilvaniano de Ohio, Estados Unidos. Contudo, tal sugestão mostrou-se errônea ao comparar com o exemplar GP/2E-6459 (Figura 5D-F, que representa um dente da mesma espécie, mas de outro ponto da mandíbula), em que o afinamento da coroa até a base observado (Figura 5F), difere de qualquer outro Petalodontiformes.

Apesar de Chondrichthyes terem sido descritos anteriormente na Bacia do Paraná, os Holocephali não tem nenhuma evidência mais antiga que os da base do Membro Taquaral, de maneira que a hipótese mais provável para a sua origem na bacia seria uma ligação entre as bacias do Paraná e Parnaíba, durante os depósitos da base da Formação Irati, como sugerida por Chahud e Petri (2014). Esta hipótese é reforçada pela ocorrência de uma ligação durante o Paleozoico, formada pelo lineamento transbrasiliiano, que estaria presente no Permiano (mesmo sem o registro deposicional dessa

época) e pelas duas espécies endêmicas de ambas as bacias, o petalodonte *Itapyrodus punctatus* e o Xenacanthiformes *Taquaralodus albuquerquei* (Silva Santos, 1946; Ragonha, 1978; Chahud e Petri, 2008a, 2010b; Chahud et al., 2010b).

As ocorrências destes fósseis se constituem em um dos registros mais antigos de Holocephali do Gondwana Ocidental, equivalente em idade às ocorrências da Formação Copacabana da Bolívia (Merino-Rodo e Janvier, 1986; Janvier 1996) e da Formação Wandagee da Austrália (Teichert, 1940).

A Bacia do Paraná ainda possui espécies de Holocephali semelhantes ao gênero *Itapyrodus* na Formação Corumbataí do Estado de São Paulo, classificados inicialmente como Petalodontiformes por Toledo et al. (1997). Provavelmente seriam remanescentes das espécies que viveram nos tempos de deposição da Formação Irati e teriam ficado restritos ao norte da bacia pelo isolamento final do Permiano. Os Chondrichthyes estudados e identificados no Membro Taquaral estão listados na Tabela 1.

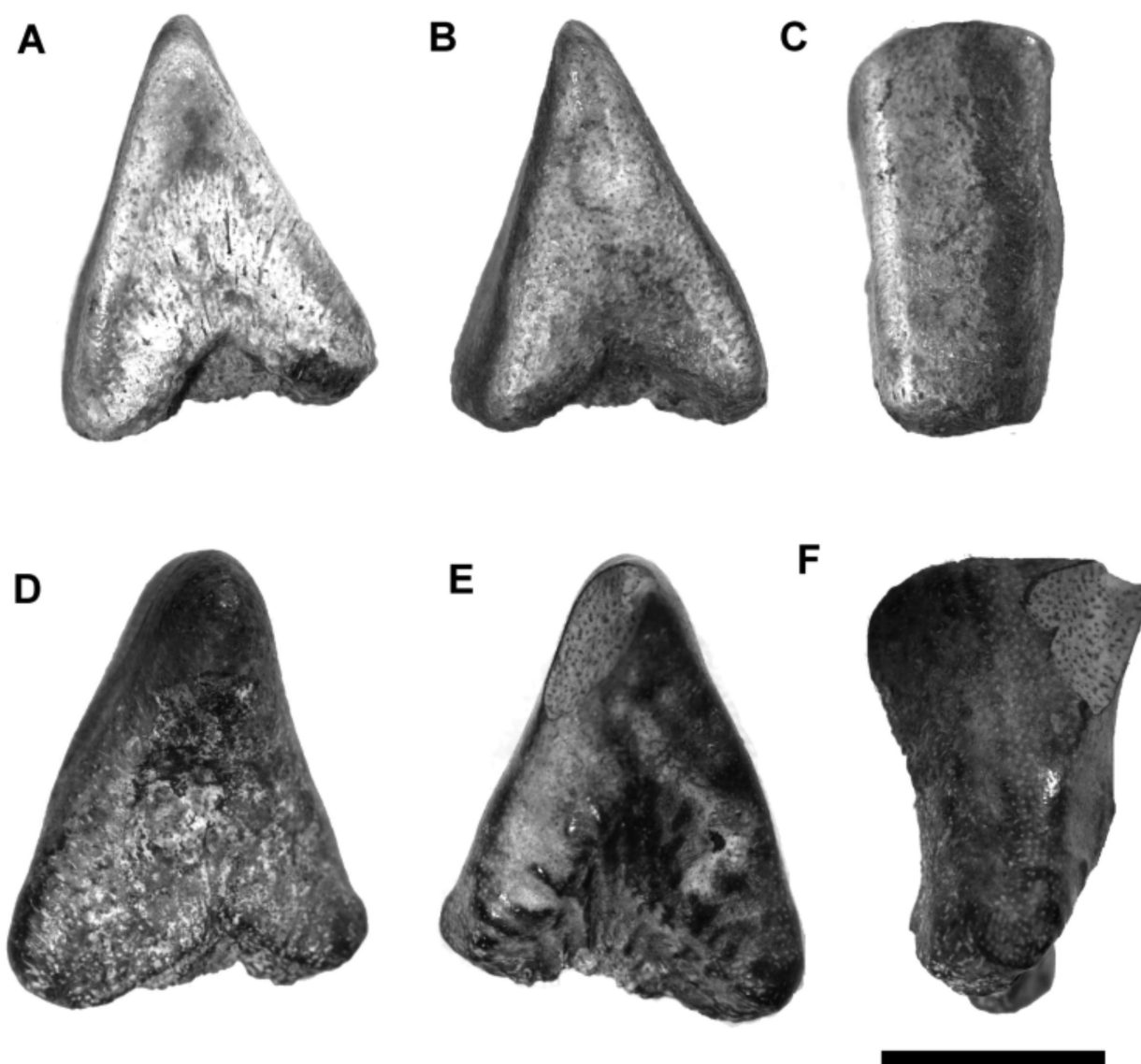


Figura 5. Chondrichthyes indeterminado. (A-C) Exemplar GP/2E-5929; (D-F) Exemplar GP/2E-6459. Escalas 8 mm.

Peixes ósseos (Palaeonisciformes e Sarcopterygii) e tetrápodes

Restos de peixes ósseos são encontrados em todo o Permiano da Bacia do Paraná, representando o grupo mais abundante de paleovertebrados da época. Porém, devido à pobreza de exemplares articulados, poucas espécies foram descritas.

Os restos de peixes ósseos Palaeonisciformes são o grupo mais abundante de paleovertebrados. Seu estudo é complexo, exigindo fósseis articulados ou completos para identificação taxonômica; contudo, a pesquisa com escamas e dentes isolados pode subsidiar pesquisas tafonômicas.

Os dentes de Palaeonisciformes mostram poucas características, como capuz apical e fuste de formato cônico. Externamente a superfície pode ter cristas longitudinais, ser lisa ou coberta por microtubérculos.

Würdig-Macieli (1975) e Richter et al. (1985) sugeriram uma classificação artificial para os dentes de Palaeonisciformes do Neopermiano do Estado do Rio Grande do Sul, a partir de características morfológicas simples, como curvatura e ornamentação, e numerada de I-1 a I-10. Contudo, há variações destas características, como espessura de cristas e robustez do dente, se fino e alongado ou grosso. Estas variedades de formas indicariam hábitos diferenciados de

Tabela 1. Tabela da distribuição dos vertebrados paleozóicos da base do Membro Taquaral no Estado de São Paulo.

Distribuição de Paleovertebrados do Membro Taquaral no Estado de São Paulo		
	Fóssil	Referência
Chondrichthyes		
<i>Cladodontes</i>	3 tipos de dentes	Chahud e Fairchild (2007), Chahud e Petri (2012a)
<i>Taquaralodus albuquerquei</i>	Dentes	Ragonha (1978), Silva Santos (1990), Chahud e Petri (2008a, 2010c), Chahud et al. (2012)
<i>Xenacanthus sp.</i>	Dentes	Chahud e Petri (2009a)
<i>Xenacanthiformes indeterminado</i>	Dentes	Chahud e Petri (2009a)
<i>Sphenacanthus sanpauloensis</i>	Espinhos	Chahud et al. (2010b), Chahud e Petri (2014)
<i>Sphenacanthus sp.</i>	Espinhos	Chahud e Petri (2014)
<i>Amelacanthus sp.</i>	Espinhos	Chahud et al. (2012), Chahud e Petri (2014)
<i>Itapyrodus punctatus</i>	Dentes	Ragonha (1978), Silva Santos (1990), Chahud e Fairchild (2007), Chahud e Petri (2008a, 2010b), Chahud et al. (2010b)
<i>Itapyrodus sp.</i>	Dentes	Esta contribuição
<i>Orodus ipeunaensis</i>	Dentes	Chahud et al. (2010b)
Chondrichthyes Indeterminado		
	Espinhos	Hachiro (1996), Chahud e Fairchild (2007), Chahud e Petri (2014)
	Dentes	Esta contribuição
Osteichthyes		
Paleonisciformes	Dentes, escamas e ossos	Washburne (1930), Ragonha (1978), Marasco et al. (1993), Chahud e Fairchild (2007), Chahud e Petri (2008b, 2010a, 2012b, 2013a, 2013b)
Actinistia	Dentes (?), escamas e ossos	Chahud e Fairchild (2007), Chahud e Petri (2009b, 2012b, 2013a, 2013b)
Osteolepiformes	Possíveis dentes	Ragonha (1978), Chahud (2007, 2011), Chahud e Petri (2009b)
Tetrápodes		
Tetrápodes basais	Dentes e ossos	Chahud e Petri (2009b, 2010a, 2012b)

alimentação, resultando grande diversidade taxonômica entre os Palaeonisciformes, como ocorrem com os peixes ósseos atuais.

Chahud e Petri (2008b) observaram que oito das dez classes morfológicas descritas por Richter et al. (1985) para os fósseis do Neopermiano do Rio Grande do Sul estão presentes na Formação Irati (exceto I-5 e I-8). Acrescentaram duas formas, representadas por grandes dentes curvos e ornamentados, com mais de um centímetro, e dentes ornamentados apenas na base. Estes autores comentaram também que os fósseis do Neopermiano do Estado do Rio Grande do Sul não possuem grandes quebras, abrasão, polimento ou qualquer retrabalhamento, como ocorre em boa parte dos espécimes da Formação Irati, tornando algumas classes descritas por Würdig-Maciell (1975) e Richter et al. (1985) inválidas em ambientes de alta energia. Como dentes sigmóides que, ao quebrarem, são idênticos aos dentes curvos, I-3 e I-4 são indistinguíveis de I-6 e I-7. O mesmo ocorre com micro-tubérculos, que podem ser eliminados por polimento ou abrasão; portanto I-3 e I-4 podem ser confundidos com I-9 e I-10.

Algumas formas diferenciadas podem ser encontradas, como dentes alongados e muito finos, pequenos (tamanho inferior a 1 mm) ou grandes (com mais de 1 cm) e com cristas longitudinais finas ou espessas em relação a área da fuste.

As escamas de Palaeonisciformes podem ser romboédricas ou losangulares em vista superior. Na face superior da escama (coroa), camadas de ganoína podem ocorrer como costelas ou como uma capa lisa, com poucas ondulações e pontuações (poros).

Os Sarcopterygii são observados no Membro Taquaral, na forma de dentes, escamas e partes ósseas. As escamas de celacantídeos são as mais comuns no folhelho siltico (Chahud e Fairchild, 2007; Chahud e Petri, 2013a, 2013b) e muito raras na base arenosa, porém encontram-se também ossos e possíveis dentes (Chahud e Petri, 2008a, 2009b, 2012b).

Os tetrápodes Temnospondyli são representados na base arenosa por dentes e fragmentos mandibulares (Chahud e Petri, 2010a) e pequenos ossos apendiculares de prováveis pequenos anfíbios (Chahud e Petri, 2009b, 2012b), que também podem ser atribuídos a Osteolepiformes. Os peixes ósseos estudados e identificados no Membro Taquaral estão listados na Tabela 1.

OUTROS FÓSSEIS

Além dos fósseis de vertebrados, poucos fósseis de outros tipos são registrados nesta fácies. Marasco et al. (1993) mencionaram a presença do acritarco *Micrhystridium* na base do Irati, na região dos municípios de Itapetininga e Morro do Alto, sul do Estado de São Paulo. No contato entre as Formações Palermo e Irati da região sul, Araújo-Barberena (1993) relatou a presença de um horizonte de acritarcos, provavelmente o mesmo citado por Marasco et al. (1993) em São Paulo.

O acritarco *Micrhystridium*, citado por Marasco et al. (1993), pode ser associado à variação de salinidade, segundo Grice et al. (2005).

Cabral Junior et al. (1988) noticiaram possível ocorrência de ostracodes, foraminíferos aglutinantes e acritarcos em testemunhos de sondagem; contudo, não foram ilustrados e não é segura a identificação destes fósseis, por não haver nenhuma descrição ou observação posterior.

Chahud et al. (2010a) descreveram diversas perfurações biogênicas no afloramento do Sítio Santa Maria, divisa entre os municípios de Ipeúna – Rio Claro no topo da Formação Tatuí, logo abaixo do Membro Taquaral.

Inicialmente, foram considerados como pertencentes à icnofácies *Psilonichnus* (Chahud et al., 2010a). Contudo, a icnofácies *Psilonichnus* é costeira marginal, na zona praial de dunas (supamarê) para terrestre. Estudos posteriores realizados por Chahud e Petri (2015b) no afloramento do Sítio Santa Maria demonstraram que os depósitos da base do Membro Taquaral se formaram por eventos episódicos (ondas de tempestades ou grandes enxurradas) em região mais distante da costa, em que somente os eventos mais fortes poderiam alcançar.

Aparentemente esta área esteve mais protegida ou menos erodida e, por isso, provavelmente estes icnólitos estavam em substrato estável, não consolidado, constituído de arenito fino a siltico de energia moderada. Estes depósitos estariam mais próximos da interpretação para icnofácies *Glossifungites*, segundo Fernandes et al. (2002).

CONCLUSÕES

O levantamento paleoictiológico da fácies basal do Membro Taquaral revelou rica fauna de Chondrichthyes e abundância de fósseis desarticulados representados por dentes e escamas de Palaeonisciformes em diferentes estados de preservação.

Os Holocephali, da base do Membro Taquaral, possuem maior diversificação do que apenas o gênero *Itapyrodus*, como suposto inicialmente, e contêm formas indeterminadas.

O gênero *Itapyrodus* não deve ser considerado como petalodonte, baseado na classificação de Petalodontiformes, realizada por Lund et al. (2014). Contudo o posicionamento sistemático para este gênero é incerto.

Os Actinopterygii, Palaeonisciformes, são os fósseis mais comuns e são representados por escamas dentes e partes ósseas.

As escamas de Palaeonisciformes podem ser romboédricas ou losangulares em vista superior, algumas ornamentadas. Os dentes de formato cônico são retos ou curvos, lisos ou com a superfície ornamentada por micro-tubérculos ou cristas longitudinais, estas alongadas, finas ou robustas.

Os Sarcopterygii são reconhecidos sob a forma de dentes, escamas e partes ósseas. Os tetrápodes Temnospondyli são representados por dentes e fragmentos mandibulares e pequenos ossos apendiculares indeterminados.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seu agradecimento ao Professor Doutor Thomas Rich Fairchild pelo apoio e auxílio dado em vários momentos durante essa pesquisa; aos proprietários do Sítio Santa Maria no município de Rio Claro; ao Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo que permitiu que os trabalhos fossem realizados em seus laboratórios. Por último um agradecimento especial ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), (Proc: 500755/2013-2) pelo apoio financeiro para o desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Almeida, F. F. M., Barbosa, O. (1953). Geologia das quadrículas de Piracicaba e Rio Claro, Estado de São Paulo. Rio de Janeiro: DNPM/DGM. (Boletim, 143).
- Araújo-Barberena, D. C. (1993). Uma interpretação sobre o conhecimento paleoecológico e bioestratigráfico da Formação Irati. *I Simpósio de Cronoestratigrafia da Bacia Do Paraná*, 64-70. Rio Claro: FUNDUNESP. (Boletim de Resumos).
- Assine, M. L., Zacharias, A. A., Perinotto, J. A. J. (2003). Paleocorrentes, paleogeografia e seqüências deposicionais da Formação Tatuí, centro-leste do Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, 33(1), 33-40.
- Barbosa, O., Almeida, F. F. M. (1949a). Nota sobre a estratigrafia da Série Tubarão em São Paulo. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 21(1), 65-68.
- Barbosa, O., Almeida, F. F. M. (1949b) A Série Tubarão na bacia do Rio Tietê, Estado de São Paulo. Rio de Janeiro: DNPM/DGM. (Boletim, 48).
- Barbosa, O., Gomes, F. A. (1958) Pesquisa de petróleo na bacia do rio Corumbataí. Rio de Janeiro: DNPM/DGM. (Boletim, 171).

- Cabral Junior, M., Campanha, V. A., Motta, J. F. M., Saad, A. R. (1988). Contribuição à estratigrafia e paleogeografia da interface Itararé e Tatuí (P) e considerações sobre sua potencialidade para carvão no Estado de São Paulo. *XXXV Congresso Brasileiro de Geologia*, v. 2, 879-892. Belém: SBG.
- Chahud, A. (2003). *Paleoictiologia do topo da Formação Tatuí e base da Formação Taquaral (Subgrupo Irati), Permiano, Alto Estrutural de Pitanga, região de Rio Claro, SP*. Monografia (Trabalho de Formatura). São Paulo: Instituto de Geociências – USP.
- Chahud, A. (2007). *Paleontologia de Vertebrados da Transição entre os grupos Tubarão e Passa Dois no Centro-Leste do Estado de São Paulo*. Dissertação (Mestrado). São Paulo: Instituto de Geociências – USP.
- Chahud, A. (2011). *Geologia e paleontologia das formações Tatuí e Irati no centro-leste do Estado de São Paulo*. Tese (Doutorado). São Paulo: Instituto de Geociências – USP.
- Chahud, A., Duque, J. M., Petri, S. (2010a). Consideraciones geológicas y paleontológicas de las formaciones Tatuí e Irati (Pérmico), Cuenca de Paraná, Brasil. *Geología Colombiana*, 35, 36-49.
- Chahud, A., Fairchild, T. R. (2007). Vertebrados paleozóicos do Estado de São Paulo. In: I. Carvalho (Ed.), *Paleontologia: cenários da vida*, v. 1, 101-110. Rio de Janeiro: Interciência.
- Chahud, A., Pacheco, M. L. A. F., Meira, F. E., Romero, G. R., Petri, S. (2012). Paleontology and depositional environments of the Tatuí and Irati formations (Permian) in the Ponte Nova Farm, Ipeúna, state of São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, 42(1), 198-212.
- Chahud, A., Petri, S. (2008a). Chondrichthyes no Membro Taquaral, base da Formação Irati, no centro-leste do Estado de São Paulo, Brasil. *Revista de Geologia*, 21, 169-179.
- Chahud, A., Petri, S. (2008b). Registro de paleoniscóides na base do Membro Taquaral, Formação Irati, Permiano da Bacia do Paraná. *Revista do Instituto Geológico*, 29(1-2), 33-40.
- Chahud, A., Petri, S. (2009a). Novos Xenacanthidae (Chondrichthyes, Elasmobranchii) da base do Membro Taquaral, Formação Irati, Permiano da Bacia do Paraná. *Revista do Instituto Geológico*, 30(1-2), 19-24.
- Chahud, A., Petri, S. (2009b). Sarcopterygii do Topo da Formação Tatuí e Base da Formação Irati, Permiano, São Paulo, Brasil. *Revista UnG Geociências*, 8, 39-46.
- Chahud, A., Petri, S. (2010a). Anfíbio e Paleonisciformes da Porção Basal do Membro Taquaral, Formação Irati (Permiano), Estado de São Paulo, Brasil. *Geologia USP: Série Científica*, 10(1), 29-37.
- Chahud, A., Fairchild, T. R., Petri, S. (2010b). Chondrichthyans from the base of the Irati Formation Permian, Parana Basin, São Paulo, Brazil. *Gondwana Research*, 18, 528-537.
- Chahud, A., Petri, S. (2010b). Contribuição ao estudo do Petalodonte *Itapyrodus punctatus* Silva Santos, 1990. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 10, 67-75.
- Chahud, A., Petri, S. (2010c). O tubarão *Taquaralodus albuquerquei* (Silva Santos, 1946) do Membro Taquaral (Permiano, Formação Irati) no Estado de São Paulo. *Acta Biológica Paranaense*, 39, 1-17.
- Chahud, A., Petri, S. (2012a). Levantamento dos cladodontes sul-americanos e novos espécimes do Membro Taquaral (Formação Irati, Permiano), Bacia do Paraná. *Boletim Paranaense de Geociências*, 66-67, 23-29.
- Chahud, A., Petri, S. (2012b). Sarcopterygii do Eopermiano da Bacia do Paraná, Estado de São Paulo. *Revista do Instituto Geológico*, 33, 57-64.
- Chahud, A., Petri, S. (2013a). Paleontology of Taquaral Member silty shale in the State of São Paulo. *Brazilian Journal of Geology*, 43, 117-123.
- Chahud, A., Petri, S. (2013b). The silty shale Taquaral Member of the early Permian Irati Formation (Paraná Basin, Brazil). Paleontology and paleoenvironments. *Swiss Journal of Palaeontology*, 132, 119-128.
- Chahud, A., Petri, S. (2014). New chondrichthyans from the Irati Formation (Early Permian, Paraná Basin), Brazil: origin, palaeoenvironmental and palaeogeographical considerations. *Proceedings of the Geologists Association*, (125), 437-445.
- Chahud, A., Petri, S. (2015a). Geologia e Paleontologia da Formação Irati (Eopermiano, Bacia do Paraná) no Rio Passa Cinco, Estado de São Paulo. *Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities Research Medium*, 6(1), 110-120.
- Chahud, A., Petri, S. (2015b). Geology and Taphonomy from the Base of the Taquaral Member, Irati Formation (Permian, Paraná Basin), Brazil. *Acta Geologica Polonica*, 65(3), 379-387.
- Chahud, A., Petri, S. (2015c). The Tatuí Formation (Early Permian, Paraná Basin), Brazil: Paleontology and Paleoenvironmental considerations. *Earth Sciences Research Journal*, 19(2), 153-158.
- Duffin, C. J., Ginter, M. (2006). Comments on the selachian genus *Cladodus* Agassiz, 1843. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 26(2), 253-266.
- Elliott, D. K., Irmis, R. B., Hansen, M. C., Olson, T. J. (2004). Chondrichthyans from the Pennsylvanian (Desmoinesian)

- Naco Formation of Central Arizona. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 24(2), 268-280.
- Fernandes, A. C. S., Borghi, L., Carvalho, I. S., Abreu, C. J. (2002). *Guia dos Icnofósseis de Invertebrados do Brasil*. Rio de Janeiro: Interciência.
- Fúlfaro, V. J., Stevaux, J. C., Souza-Filho, E. E., Barcelos, J. H. (1984). A Formação Tatuí (P) no Estado de São Paulo. In: *XXIII Congresso Brasileiro de Geologia*, v. 2, 711-723. Rio de Janeiro: SBG.
- Ginter, M., Hampe, O., Duffin, C. (2010). Chondrichthyes Paleozoic Elasmobranchii Teeth. In: H. P. Schultze (Ed.), *Handbook of Paleichthyology*, 3D. München: Verlag Dr. Friedrich Pfeil.
- Ginter, M., Ivanov, A., Lebedev, O. (2005). The revision of “*Cladodus*” *occidentalis*, a late Paleozoic ctenacathiform shark. *Acta Palaeontologica Polonica*, 50(3), 623-631.
- Grice, K., Twitchett, R. J., Alexander, R., Foster, C. B., Looy, C. (2005). A potential biomarker for the Permian–Triassic ecological crisis. *Earth and Planetary Science Letters*, 236, 315-321.
- Grogan, E. D., Lund, R., Fath, M. (2014). A new petalodont chondrichthyan from the bear gulch limestone of montana, USA, with reassessment of *Netsepoye hawesi* and comments on the morphology of holomorphic petalodonts. *Paleontological Journal*, 48(9), 1003-1014.
- Hachiro, J. (1991). *Litotipos, associações faciológicas e sistemas deposicionais da Formação Irati no Estado de São Paulo*. Dissertação (Mestrado) São Paulo: Instituto de Geociências – USP.
- Hachiro, J. (1996). *O Subgrupo Irati (Neopermiano) da Bacia do Paraná*. Tese (Doutorado). São Paulo: Instituto de Geociências – USP.
- Hampe, O. (2003). Revision of the Xenacanthida (Chondrichthyes: Elasmobranchii) from the Carboniferous of the British Isles. *Transaction of the Royal Society of Edimburg: Earth Sciences*, 93, 191-237.
- Janvier, P. (1996). *Early vertebrates*. Oxford: Oxford Science Publications.
- Koot, M. B., Tintori, G. C. A., Twitchett, R. J. (2013). A new diverse shark fauna from the Wordian (Middle Permian) Khuff Formation in the interior Haushi-Huqf area, Sultanate of Oman. *Palaeontology*, 56(2), 303-343.
- Lund, R., Grogan, E. D., Fath, M. (2014). On the Relationships of the Petalodontiformes (Chondrichthyes). *Paleontological Journal*, 48(9), 1030-1043.
- Maisey, J. G. (1984). Studies on the Paleozoic selachian genus *Ctenacanthus* Agassiz. No. 3. Nominal species referred to *Ctenacanthus*. *American Museum Novitates*, 2774, 1-20.
- Marasco, S. A., Souza, P. A., Pires, F. A. (1993). Ocorrência de paleomicroplâncton marinho (Acritarcha) associado a ictiofósseis na base do Membro Taquaral, Formação Irati (Permiano Superior da bacia do Paraná), região de Itapetininga, Estado de São Paulo. *XIII Congresso Brasileiro de Paleontologia e I Simpósio Paleontológico do cone sul*. São Leopoldo: UNISINOS/Sociedade Brasileira de Paleontologia. (Boletim de Resumos, 60).
- Merino-Rodo, D., Janvier, P. (1986). Chondrichthyan and actinopterygian remains from the Lower Permian Copacabana Formation of Bolivia. *Geobios*, 19(4), 479-493.
- Nelson, J. S. (2006). *Fishes of the World* (4a ed.). New Jersey: John Wiley.
- Ragonha, E. W. (1978). *Chondrichthyes do Membro Taquaral (Formação Irati) no Estado de São Paulo*. Dissertação (Mestrado). São Paulo: Instituto de Geociências - USP.
- Riccomini, C., Sant’anna, L. G., Coimbra, A. M. (1997). Sílica microcristalina (Trípoli) em rochas sedimentares permianas do flanco leste da bacia do Paraná, Estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 27(4), 395-402.
- Richter, M. (2004a). Late Permian (Guadalupian) shark remains (Chondrichthyes) from the Teresina Formation, Paraná Basin, Southern Brazil. *X International Symposium on Early vertebrates/Lower vertebrates*, 28-29. Gramado.
- Richter, M. (2004b). Distribution of Permian Fishes of Brazil and their palaeoenvironments. *Newsletter of The Palaeontological Association*, 57, 178.
- Richter, M., Cisneros, J., Kammerer, C., Fröbisch, J., Smith, R. (2013). New fossil fishes from the Permian Pedra de Fogo Formation, Parnaíba Basin, Northeastern Brazil. 73 Annual Meeting. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 198-199.
- Richter, M., Piccoli, A. M. M., Lima, M. C. S. (1985). Variação morfológica de restos de paleoniscídeos (Pisces) no Permiano da Bacia do Paraná. In: DNPM. *Coletânea de Trabalhos Paleontológicos*, 111-122. Brasília: DNPM. (Série Geologia. Seção de Paleontologia e Estratigrafia, v. 2, n. 27).
- Silva Santos, R. (1946). Duas novas formas de elasmobrânquios do Paleozóico do meio norte do Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 18(4), 281-285.
- Silva Santos, R. (1990). Paleoictiofáunula da Formação Pedra do Fogo, Nordeste do Brasil: Holocephali – Petalodontidae. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 62(4), 347-355.

- Soares, P. C. (1972). O limite glacial/pós-glacial do Grupo Tubarão no Estado de São Paulo. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 44(Supl), 333-342.
- Stevaux, J. C., Souza-Filho, E. E., Fulfaro, V. J. (1986). Trato deposicional da Formação Tatuí (P) na área aflorante do NE da Bacia do Paraná, Estado de São Paulo. *XXXIV Congresso Brasileiro de Geologia*. Anais, v. 1, 219-229. Goiânia: Sociedade Brasileira de Geologia.
- Teichert, C. (1940). *Helicoprion* in the Permian of Western Australia. *Journal of Paleontology*, 14(2), 140-149.
- Toledo, C. E. V., Brito, P. M. M., Bertini, R. J. (1997). Chronological meaning about the presence of petalodonts (*Holocephali incertae sedis*) in the Corumbataí Formation of São Paulo State (Brazil). *XV Congresso Brasileiro de Paleontologia*. São Pedro. (Boletim de Resumos, 80).
- Washburne, C. W. (1930). Petroleum geology of the State of São Paulo – Brazil. São Paulo: Comissão Geográfica e Geológica do Estado de São Paulo. (Boletim da Comissão Geográfica e Geológica do Estado de São Paulo, 22).
- White, I. C. (1908). Relatório sobre as Coal Measures e rochas associadas do sul do Brasil. In: Comissão Estadual das Minas de Carvão de Pedra do Brasil. Relatório Final.
- Würdig-Maciel, N. L. (1975). Ichtiodontes e ichtiodorulitos (Pisces) da Formação Estrada Nova e sua aplicação na estratigrafia do Grupo Passa Dois. *Pesquisas*, 5, 7-165.
- Zangerl, R. (1981). Chondrichthyes I - Paleozoic Elasmobranchii. In: H. P. Schultze (Ed.), *Handbook of Paleoichthyology 3A*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.